화학의 기초 2차 시험 2008. 11. 8 학과 : 생명과학대학 학번 : 2008 성명 : 나열공

1. 다음을 간단하게 답하시오 (총 25점)

① 르 샤트리에의 법칙 (Le Chatelier's principle) (1점)

평형상태에 있는 시스템에 변화가 가해질때, 시스템은 항상 주어진 변화가 감소하는 방향으로 반응한다 - 평형상태에 영향을 주는 여러 인자에 의한 효과를 예측할수 있다

② 구경꾼 이온 (Spectator ions) (1점)

화학반응에 평형상태에 영향을 미치지 않는 이온 (ion species) 또는 실제 화학반응에 참여하지 않는 이온

③ 산-염기의 Bronsted-Lowry정의 (1점)

산- proton donor, 염기-proton acceptor

④ 짝산-염기쌍 (Conjugate acid-base pair) (1점)

어떤 proton donor (산)과 그로부터 proton이 제거되어 생성된 화학종 (chemical species)를 짝산-염기쌍이라고 한다.

⑤ Oxoacids (1점)

inner atom이 다양한 숫자의 산소들과 결합하고 있고 산성의 -OH기를 를 갖는 산성화학물질, H_xEO_y (x=1-3, y=1-4)의 일반적인 형태를 갖는다.

⑥ 아레니우스 식 (Arrhenius equation) (1점)

화학반응의 활성화 에너지와 시스템의 온도, 반응성등의 관계를 나타내는 계산식
$k = Ae^{-E_a/RT}$ A: 아레니우스 상수, Ea: 활성화 에너지, R: 기체상수

⑦ Heterogeneous 또는 homogeneous catalyst의 차이점 (1점)

촉매와 반응물이 같은 상(phase)로 존재하면 homogeneous, 다른 상으로 존재하면 heterogeneous catalyst이다

⑧ Dominant equilibrium (2점)

수용액상에서 여러 화학종들이 반응에 참여하고 있을때, 가장 중요한 역할을 하는 화학평형상태. 보통 major specie가 반응물이고, minor species가 평형상태에서의 생성물인 화학평형상태를 말한다. (부분점수 없음)

⑨ 중간체(Intermediate)과 전이복합체(Transition complex)의 차이점 (2점)

생성되어 사라지기 까지의 존재시간의 차이 점 - 전이복합체는 생성하고 존재하는 시간이 10^{-13}sec정도로 짧아 측정이 거의 불가능하고, 중간체는 상대적으로 긴시간 (e.g. 10^{-3}sec) 존재하여 고감도의 기기로 측정이 가능할수도 있다
(부분점수 없음)

⑩ Amphiprotic 과 polyprotic (2점)

Amphiprotic - proton을 주기도 하고 받을수도 있는 성질 (예, H_2O)
Polyprotic - 반응조건에 따라 한개 이상의 proton을 donate할수 있는 성질
(각 1점씩)

⑪ 수용액상에 존재하는 major species의 성질에 따라 나눈 수용액 평형(Aqueous equilibria)의 3개의 범주(Category) (3점)

Proton transfer (Acid-base) equilibrium
Solubility (solubility product) equilibrium
Complexation equilibrium
(각 1점씩)

⑫ 모든 화학반응에 적용할 수 있는 평형상수(K_{eq})가 갖는 3가지 특징 (3점)

1. 평형상수는 평형 반응식의 화학총량 (stoichiometry)와 관계를 갖는다 - K_{eq} is related to the stoichiometry of the balanced net reaction
2. 평형상수는 단 지 평형상태에서 적용된다 - K_{eq} applies only at equilibrium
3. 평형상수는 초기조건과는 무관하다 - K_{eq} is independent of initial conditions (각 1점씩)

⑬ HCl, H_2SO_4, HNO_3 를 제외한 잘 알려진 강산(Strong acid) 3개의 화학식 (3점)

HBr, HI, $HClO_4$
(각 1점씩)

⑭ NaOH, KOH를 제외한 잘 알려진 강염기(Strong base) 3개의 화학식 (3점)

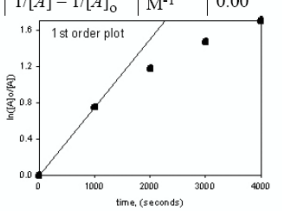
LiOH, $Ca(OH)_2$, $Sr(OH)_2$ or $Ba(OH)_2$
(각 1점씩)

2. Acetaldehyde는 메탄(CH_4)과 일산화탄소(CO) 로 분해된다.

Acetaldehyde의 분해에

Time (10초)	0
$[CH_3CHO]$ (mol L^{-1})	0.250

t	s	0	1000	2000	3000	4000
c	M	0.250	0.118	0.0770	0.0572	0.0455
$\ln([A]_o/[A])$		0.000	0.751	1.18	1.47	1.70
$1/[A] - 1/[A]_o$	M^{-1}	0.00	4.47	8.99	13.5	18.0



① Acetaldehyde 분해반응의 속도식(rate law) 를 구하시오. (5점)

속도 = $k[CH_3CHO]^2$
(채점기준: 속도식을 구하는 과정을 기술하면 5점, 속도식만 적으면 2.5점)

② 위 반응의 반응속도상수(rate constant)를 단위를 포함하여 구하시오 (5점)

$$k = \text{Slope} = \frac{18.0\ M^{-1} - 0.00\ M^{-1}}{4000\ s - 0\ s} = 4.5 \times 10^{-3}\ M^{-1}\ s^{-1}$$

(채점기준: 단위가 없으면 2점)

③ Acetaldehyde가 75% 분해되기 위하여 걸리는 시간을 구하시오(5점)

$$kt = \frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A]_o}$$

$$[A]_o = 0.250\ M \text{ and } [A] = 0.250\ M\left(\frac{100\% - 75\%}{100\%}\right) = 0.0625\ M$$

$$t = \frac{16.0\ M^{-1} - 4.00\ M^{-1}}{4.5 \times 10^{-3}\ M^{-1}\ s^{-1}} = 2.7 \times 10^3\ s$$

(채점기준: 단위가 생략되도 상관없음, 부분점수 없음)

3. 아래에 주어진 값을 이용하여 다음 화학반응식 대한 값을 계산하시오

$$Hg(g) + HgCl_2(s) \leftrightarrow Hg_2Cl_2(s)$$

① 평형상수 K_{eq} at 298K (5점)

$$\Delta G^o = \Delta H^o - T\Delta S^o \qquad \Delta G^o = -RT \ln K_{eq}$$

$$\Delta G^o_{reaction} = 1\ (-210.7\ kJ/mol) - [1\ (31.8\ kJ/mol) + 1\ (-178.6\ kJ/mol)] = -63.9\ kJ/mol$$

$$\ln K_{eq} = -\frac{-6.39 \times 10^4\ J\ mol^{-1}}{(8.314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1})(298\ K)} = 25.8 \qquad K_{eq} = e^{25.8} = 1.6 \times 10^{11}$$

(채점기준: 1. 단위가 생략되도 상관없음, 2. 풀이과정이 맞고 답이 틀리면 3점, 3. 답만 맞으면 1점)

② 평형시의 기압이 1.00 bar일 때의 온도(T) (5점)

When the equilibrium pressure is 1.00 bar, $K_{eq} = 1$, $\ln(K_{eq}) = 0$ and $\Delta G^o_{reaction} = 0$

$$0 = \Delta H^o - T\Delta S^o \qquad T\Delta S^o = \Delta H^o \qquad \text{and} \qquad T = \frac{\Delta H^o}{\Delta S^o}$$

$$\Delta H^o_{reaction} = 1\ (-265.4\ kJ/mol) - [1\ (61.4\ kJ/mol) + 1\ (-224.3\ kJ/mol)] = -102.5\ kJ/mol$$

$$\Delta S^o_{reaction} = 1\ (191.6\ J/mol\ K) - [1\ (175.0\ J/mol\ K) + 1\ (146.0\ J/mol\ K)] = -129.4\ J/mol\ K$$

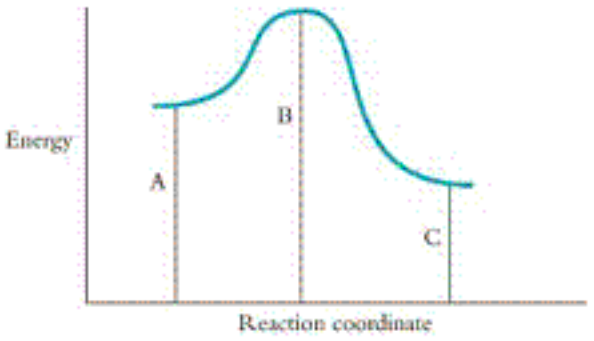
$$T = \left(\frac{-102.5\ kJ}{1\ mol}\right)\left(\frac{10^3\ J}{1\ kJ}\right)\left(\frac{1\ mol\ K}{-129.4\ J}\right) = 792\ K$$

(채점기준: 1. 단위가 생략되도 상관없음, 2. 풀이과정이 맞고 답이 틀리면 3점, 3. 답만 맞으면 1점)

$Hg(l)$	0	0	75.9
$Hg(g)$	61.4	31.8	175.0
$HgO(s)$	−90.8	−58.5	70.3
$HgCl_2(s)$	−224.3	−178.6	146.0
$Hg_2Cl_2(s)$	−265.4	−210.7	191.6

화학의 기초 2차 시험 2008. 11. 8 학과 : 생명과학대학 학번 : 2008 성명 : 나열공

4. 다음그림은 활성화 에너지 diagram이다. 다음 중 옳은 것을 모두 고르시오 (5점)



① $\Delta E_{reaction}$ = A − C
② $\Delta E_{reaction}$ = B − C
③ E_a(forward) = E_a(reverse)
④ 'A' represents the energy of the starting materials
⑤ E_a(forward) = B − C
⑥ E_a(forward) < E_a(reverse)

옳은것: 4번과 6번
(채점기준: 1. 단위가 생략되도 상관없음, 2. 풀이과정이 맞고 답이 틀리면 3점, 3. 답만 맞으면 1점)

5. 다음 화학반응식의 평형 상수식을 구하시오 (5점)

① $PCl_5(s) \leftrightarrow PCl_3(l) + Cl_2(g)$

$K_{eq} = (pCl_2)_{eq}$

(채점기준: 각 1 점)

② $PCl_3(l) + Cl_2(g) \leftrightarrow PCl_5(s)$

$K_{eq} = 1/(pCl_2)_{eq}$

③ $Ca_3(PO_4)_2(s) \leftrightarrow 3Ca^{2+}(aq) + 2PO_4^{3-}(aq)$

$K_{eq} = [Ca^{2+}]_{eq}^3[PO_4^{3-}]_{eq}^2$

④ $HCN(g) + H_2O(l) \leftrightarrow H_3O^+(aq) + CN^-(aq)$

$K_{eq} = ([H_3O^+]_{eq}[CN^-]_{eq})/(pCl_2)_{eq}$

⑤ $2Fe(s) + 6H_3O^+(aq) \leftrightarrow 2Fe^{3+}(aq) + 6H_2O(l) + 3H_2(g)$

$K_{eq} = ([Fe^{3+}]_{eq}^2(pH_2)_{eq}^3)/[H_3O^+]_{eq}^6$

6. 다음 화학반응의 실험결과를 이용하여 속도식 (rate law) 과 속도상수 (rate constant) 를 구하시오 (6점)

Textbook p. 637 Example 15-8 참고할것

(채점기준: 속도식과 속도상수 각 3 점, 풀이과정이 맞으면 부분점수 2점)

$2NO_2(g) + F_2(g) \rightarrow 2NO_2F(g)$

$\text{Rate} = k[NO_2]^x[F_2]^y[NO_2F]^z$

실험 조건	$[NO_2(g)]$ mM	$[F_2(g)]$ mM	$[NO_2F(g)]$ mM	초기속도(initial rate) M/s

To find x:

$$\frac{\text{Initial rate}_2}{\text{Initial rate}_1} = \frac{4.0\times10^{-4}\,M/s}{2.0\times10^{-4}\,M/s} = \frac{k(2.0\,mM)^x(5.0\,mM)^y(0.10\,mM)^z}{k(1.0\,mM)^x(5.0\,mM)^y(0.10\,mM)^z} = \frac{(2.0\,mM)^x}{(1.0\,mM)^x}$$

Simplifying, $2.0 = (2.0)^x$, so $x = 1$. The reaction is first order in NO_2.

To find y:

$$\frac{\text{Initial rate}_4}{\text{Initial rate}_2} = \frac{6.0\times10^{-4}\,M/s}{4.0\times10^{-4}\,M/s} = \frac{k(2.0\,mM)^x(7.5\,mM)^y(0.10\,mM)^z}{k(2.0\,mM)^x(5.0\,mM)^y(0.10\,mM)^z} = \frac{(7.5\,mM)^y}{(5.0\,mM)^y}$$

Simplifying, $1.5 = (1.5)^y$, so $y = 1$. The reaction is first order in F_2.

$$\frac{\text{Initial rate}_3}{\text{Initial rate}_2} = \frac{4.0\times10^{-4}\,M/s}{4.0\times10^{-4}\,M/s} = \frac{k(2.0\,mM)^x(5.0\,mM)^y(1.0\,mM)^z}{k(2.0\,mM)^x(5.0\,mM)^y(0.10\,mM)^z} = \frac{(1.0\,mM)^z}{(0.10\,mM)^z}$$

from these, x=1, y=1, z=0

$$\text{Initial Rate} = k[NO_2][F_2] \quad so \quad k = \frac{\text{Initial rate}}{[NO_2][F_2]}$$

$$k = \frac{2.0\times10^{-4}\,Ms^{-1}}{(1.0\,mM)(5.0\,mM)(10^{-3}\,M/mM)^2} = 40.\ M^{-1}s^{-1}$$

7. 물에 이산화탄소를 녹이면, 탄산수가 만들어진다. 보통의 탄산수는 0.050 M의 H_2CO_3를 함유하고 있다고 할 때 이 용액 안에 존재하는 이온들의 농도를 구하시오 (4점)

Textbook p. 750 Example 17-14참고할것

(채점기준: 1. 단위가 생략되도 상관없음, 2. 풀이과정이 맞고 답이 틀리면 3점, 3. 답만 맞으면 1점)

$$CO_2(g) + H_2O(l) \leftrightarrow H_2CO_3(aq)$$

(H_2CO_3: $K_{a1}=4.5\times10^{-7}$, $K_{a2}=4.7\times10^{-11}$)

K_{a1} Concentration table

Reaction	$H_2O(l) + H_2CO_3(aq) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq)$		
Initial concentration (M)	0.050	0	0
Change in concentration (M)	$-x$	$+x$	$+x$
Equilibrium concentration (M)	$0.050 - x$	x	x

K_{a2} Concentration table

Reaction	$H_2O(l) + HCO_3^-(aq) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + CO_3^{2-}(aq)$		
Initial concentration (M)	1.5×10^{-4}	1.5×10^{-4}	0
Change in concentration (M)	$-x$	$+x$	$+x$
Equilibrium concentration (M)	$1.5\times10^{-4} - x$	$1.5\times10^{-4} + x$	x

정답: $[H_3O^+]=[HCO_3^-]=1.5\times10^{-4}$ M, $[CO_3^{2-}]=4.7\times10^{-11}$M, $[OH^-]=6.7\times10^{-11}$M

8. 가을철 귀뚜라미가 날개를 비벼 소리를 내는 속도가 28 ℃에서는 분당 100회이지만, 온도가 5 ℃로 떨어지면 분당 30회로 감소한다고 한다. 130회로 수정 이 반응과정이라고 가정하고, 귀뚜라미가 날개를 비벼 소리를 내는 과정의 활성화 에너지 (E_a)를 구하시오 (5점)

$$E_a = R\ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right)\left(\frac{1}{T_1}-\frac{1}{T_2}\right)^{-1}$$

$k_1=1.3\times10^2$/min
$k_2=30$/min
$T_1=301$K
$T_2=278$K

(채점기준: 시험문제의 오류로 풀이식과 과정이 맞으면 정답여부와 관계없이 5점입니다)

9. 물 1.50 L에 3.5 g P_4O_{10}을 녹여 용액을 만들었다. P_4O_{10}는 H_2O와 정량적으로 반응하여 인산 (H_3PO_4)을 생성한다.

① 이 용액의 major species를 모두 나열하시오. (5점)

H_2O, H_3PO_4

채점기준: 각 2.5점

(채점기준: 풀이식과 과정이 맞으면 부분점수 3점, 정답만 1점)

② 이 용액의 pH를 구하시오.(5점)

(P_4O_{10} 몰질량 = 283.88 g, K_{a1}=0.00

$H_3PO_4 + H_2O \rightleftharpoons H_2PO_4^- + H_3O^+$

Set up a concentration table, solve for hydronium ion concentration, then calculate the pH. Determine the initial concentration using standard stoichiometric procedures:

$$n(H_3PO_4) = 3.5\text{ g } P_4O_{10}\left(\frac{1\text{ mol}}{283.88\text{ g}}\right)\left(\frac{4\text{ mol } H_3PO_4}{1\text{ mol } P_4O_{10}}\right) = 0.0493\text{ mol}$$

$$[H_3PO_4] = \frac{0.0493\text{ mol}}{1.50\text{ L}} = 0.033\text{ M}$$

Reaction: H_2O +	$H_3PO_4 \rightleftharpoons$	$H_2PO_4^-$ +	H_3O^+
Initial concentration (M)	0.033	0	0
Change in concentration (M)	$-x$	$+x$	$+x$
Final concentration (M)	$0.033 - x$	x	x

$$K_{a1} = 0.0069 = \frac{[H_2PO_4^-]_{eq}[H_3O^+]_{eq}}{[H_3PO_4]_{eq}} = \frac{x^2}{0.033 - x}$$; solve by the quadratic equation

$x = [H_3O^+] = 0.012$ M

pH = –log(0.012) = 1.92

10. 다음 화합물을 산성의 세기가 약한 것부터 강한 순서로 나열하시오 (5점)

HBr, HBrO, HClO, $HClO_2$

HBrO < HClO < HClO2 < HBr

채점기준: 부분점수 없음

11. 식초는 초산 (CH_3CO_2H)을 희석한 용액이다. 어느 회사의 식초 제품을 분석 한 결과, pH는 2.39였고 밀도(density) 는 1.07 g/ml 였다. 이 회사의 식초에 함유된 초산의 질량 % (mass percentage)를 구하시오 (10점)

(CH_3CO_2H의 몰질량: 60.05, $K_a=1.8\times10^{-5}$)

(채점기준: 풀이과정만 맞으면 부분점수 5점)

1.) This is a weak acid. Major species are H_2O and CH_3CO_2H
2.) The dominant acid–base equilibrium is
$CH_3CO_2H + H_2O \rightleftharpoons CH_3CO_2^- + H_3O^+$
3.) $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$
4.) In this solution, the pH corresponds to the equilibrium concentrations of hydronium ions and acetate ions: $[H_3O^+] = [CH_3CO_2^-] = 10^{-2.39} = 0.00407$ M
Assuming that the concentration of CH_3CO_2H is much larger than 0.00407 M:

$$K_a = 1.8 \times 10^{-5} = \frac{[H_3O^+][CH_3CO_2^-]}{[CH_3CO_2H]} = \frac{(0.00407)^2}{x}$$

$x = 0.92\text{ M} = [CH_3CO_2H]$; assumption is valid.

$$m(\text{acetic acid})/\text{L} = \left(\frac{0.92\text{ mol}}{1\text{ L}}\right)\left(\frac{60.05\text{ g}}{1\text{ mol}}\right) = 55\text{ g/L or } 0.055\text{ g/mL acetic acid}$$

$$\text{mass \%} = (100\%)\frac{\text{mass/mL of acetic acid}}{\text{density of sample}} = (100\%)\frac{0.055}{1.07} = 5.1\%$$